

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan pada tugas akhir ini yang merupakan pencarian referensi yang berhubungan dengan kasus atau permasalahan yang akan diselesaikan dari tugas akhir, artikel, dan jurnal yang berkaitan.

Penelitian [7] yang berjudul Analisis Kebutuhan dan Penyediaan Energi Listrik Kota Pekanbaru Tahun 2015-2024 dengan Menggunakan Perangkat Lunak LEAP . Prakiraan konsumsi daya dalam wilayah Pekanbaru dalam beberapa dekade mendatang di analisis dengan menggunakan perangkat lunak LEAP. Perhitungan yang dilakukan dengan meletakkan beberapa variabel konsumsi energi listrik dan pertumbuhan konsumsi energi listrik. Hasil analisa LEAP menunjukkan pertumbuhan konsumsi daya selama periode 2015-2024 sebesar 9,63% pertahun atau dengan kata lain peningkatan dari 1667.43% GWh menjadi 3943,04 GWh.

Penelitian [11] yang berjudul Analisis Proyeksi Kebutuhan dan Penyediaan Energi Listrik Tahun 2017-2026 di wilayah Kabupaten Kampar. Penelitian ini bertujuan untuk memproyeksikan kebutuhan dan penyediaan energi listrik serta menghitung nilai elastisitas energi di wilayah Kabupaten Kampar. Metode yang digunakan adalah metode pendekatan end-use dan menggunakan aplikasi LEAP untuk mensimulasikan kebutuhan energi listrik menggunakan skenario BAU (*Business as Usual*). Perhitungan menunjukkan energi listrik dari tahun 2017 hingga 2026 mengalami peningkatan dari 195.239,2 MWh menjadi 487.334,7 MWh. Prakiraan penyediaan energi listrik di wilayah Kabupaten Kampar pada tahun 2017 hingga tahun 2021 energi listriknya masih di suplai oleh PLTA Koto Panjang, ditahun 2022 hingga 2026 PLTA Koto Panjang, PLTBm dan PLTBg akan saling beroperasi dalam mensuplai energi listrik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di wilayah Kabupaten Kampar. Elastisitas energi di wilayah Kabupaten Kampar menunjukkan rata-rata 1,9 angka tersebut menunjukkan bahwa Kabupaten Kampar belum produktif dalam memanfaatkan energi yang tersedia didaerahnya.

Penelitian [12] yang berjudul Proyeksi Kebutuhan dan Penyediaan Energi Listrik Di Jawa Tengah Menggunakan Perangkat Lunak LEAP. Ekspresi yang digunakan untuk melakukan proyeksi dalam perangkat lunak LEAP mengacu pada Model DKL 3.2, yaitu model yang digunakan PLN untuk melakukan proyeksi kebutuhan energi listrik. Tujuan tugas akhir ini adalah menerapkan perangkat lunak LEAP untuk memproyeksikan jumlah

pelanggan listrik, kebutuhan energi listrik dan penyediaan energi listrik ditahun 2009 sampai dengan tahun 2013 Provinsi Jawa Tengah, dan membandingkan hasil proyeksi jumlah pelanggan, kebutuhan energi listrik dan penyediaan energi listrik tahun 2019 dengan data aktual 2009. Hasil perhitungan dalam tugas akhir ini untuk proyeksi jumlah total pelanggan dan kebutuhan energi listrik Provinsi Jawa Tengah dari tahun 2009 hingga 2013 meningkat disetiap tahunnya dengan rata-rata pertumbuhan jumlah pelanggan sebesar 0,059% dan pertumbuhan kebutuhan energi listrik sebesar 2,04 %. Hasil proyeksi tahun 2009 lebih kecil dari data aktual jumlah pelanggan dan kebutuhan energi listrik tahun 2009. Perbedaan ini juga karena dalam memproyeksikan digunakan data PDRB tahun 2007. Perbedaan ini juga memperlihatkan kebutuhan akan listrik dan pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Proyeksi produksi energi listrik juga meningkat sesuai dengan peningkatan kebutuhan energi listrik. Hasil proyeksi energi yang diproduksi oleh setiap pembangkit dengan perangkat lunak LEAP tahun 2009 tidak sama dengan energi yang diproduksi oleh setiap pembangkit dalam kondisi aktual tahun 2009. Hal ini dikarenakan dalam kondisi aktual juga memberikan energi listrik ke Provinsi D.I.Y, perbedaan faktor kapasitas dan perbedaan kebutuhan energi listrik antara proyeksi dengan kondisi aktual.

Penelitian [13] yang berjudul Kajian Perencanaan Energi Listrik di Wilayah Kabupaten Sorong Menggunakan Perangkat Lunak LEAP. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksikan besarnya tingkat konsumsi (permintaan) energi listrik tahun 2013 hingga 2020 per sektor tarif untuk Kabupaten Sorong. Selain itu dihitung pula jumlah pelanggan energi listrik Kabupaten Sorong dan elastisitas. Hasil yang diperoleh dari prediksi permintaan energi listrik pada tahun 2013-2030 menunjukkan angka yang positif yaitu meningkat dari 2,5 MW menjadi 38,1 MW. Pertumbuhan rata-rata setiap tahunnya adalah 15,9%.

Penelitian [14] yang berjudul Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Rayon Kota Cirebon Tahun 2015-2020 dengan Metode Dkl 3.2 dan Base as Usual (BAU) menggunakan Software LEAP versi 2015.0.19.0. Dalam pembuatan perencanaan proyeksi kebutuhan energi listrik di Rayon Kota Cirebon tahun 2015-2020 penulis menggunakan 2 metode perencanaan yaitu DKL 3.2 merupakan suatu model yang disusun oleh dinas kebutuhan listrik dengan menggabungkan beberapa metode seperti ekonometri, kecendrungan dan analitis dengan pendekatan sektoral dan metode BAU (Base As Usual) merupakan metode dimana kecendrungan pola pemakaian energi listrik masih sama ditahun dasar. Hasil proyeksi di Rayon Kota Cirebon dengan menggunakan metode DKL

3.2 menunjukkan bahwa kebutuhan energi listrik mengalami kenaikan rata-rata setiap tahunnya sebesar 5,06% dan untuk metode BAU mengalami kenaikan rata-rata setiap tahunnya sebesar 4,86%.

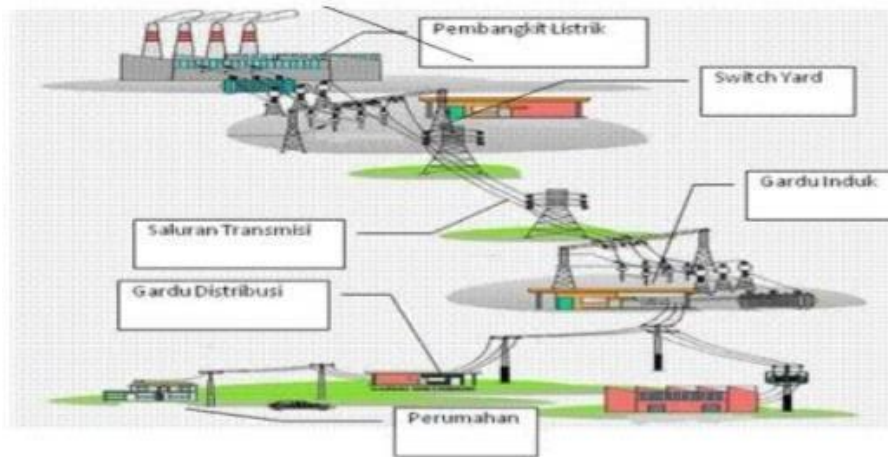
Berdasarkan beberapa referensi studi literatur diatas maka dapat penulis simpulkan, penelitian ini akan membahas tentang proyeksi kebutuhan dan penyediaan energi listrik tahun 2018-2022 Kota Pekanbaru menggunakan perangkat lunak LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning System*) seri 2018. Penelitian tentang proyeksi kebutuhan dan penyediaan energi listrik di Kota Pekanbaru ini menggunakan data jumlah penduduk, jumlah pelanggan PLN, jumlah konsumsi energi listrik, data PDRB, kapasitas pembangkit yang terpasang, serta potensi energi terbarukan. Data-data ini didapatkan dari BPS Provinsi Riau, BPS Kota Pekanbaru, RUPTL PLN Republik Indonesia dan Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. Dalam penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan menggunakan metode BAU (*Bussines As Usual*).

Dari beberapa literatur review jurnal penelitian diatas, penelitian ini sangat mendekati penelitian [7]. tetapi yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada penelitian sebelumnya peneliti hanya menyajikan proyeksi kebutuhan energi listrik di Kota Pekanbaru sedangkan penelitian ini membahas tentang proyeksi kebutuhan dan penyediaan energi listrik di kota Pekanbaru, peneliti juga menambahkan jenis pembangkit baru yang bersumber dari energi terbarukan kedalam program LEAP untuk proyeksi pembangkitan energi listrik hingga tahun mendatang. Perbedaan kedua pada penelitian terdahulu adalah pada penelitian ini membahas elastisitas energi di wilayah Kota Pekanbaru. Elastisitas energi merupakan suatu perbandingan antara pertumbuhan kebutuhan energi listrik dengan pertumbuhan PDRB yang bertujuan untuk melihat tingkat efisiensi penggunaan energi listrik di suatu wilayah.

## **2.2 Skema Tenaga Listrik**

### **2.2.1 Skema Sistem Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen berupa pembangkit, sistem transmisi, sistem distribusi dan beban yang saling berhubungan dan bekerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai dengan kebutuhan [15]. Secara umum sistem tenaga listrik dapat digambarkan dengan skema dibawah ini.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik [15]

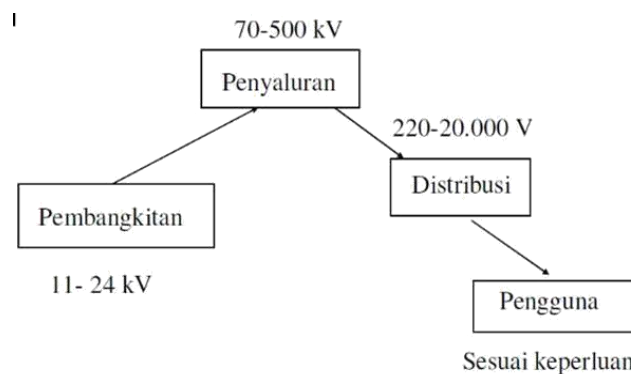
### 2.2.2 Fungsi Komponen Sistem Tenaga Listrik

Secara umum komponen sistem tenaga listrik diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pembangkit merupakan komponen yang berfungsi untuk membangkitkan tenaga listrik, yaitu mengkonversi energi yang berasal dari sumber energi lain, baik itu energi fosil maupun energi terbarukan menjadi energi listrik [15].
2. Sistem transmisi merupakan sistem yang berfungsi untuk menyalurkan daya atau energi dari sumber pembangkit ke pusat beban [15].
3. Sistem distribusi merupakan sistem yang berfungsi mendistribusikan energi listrik ke lokasi konsumen atau pelanggan [15].
4. Beban adalah peralatan listrik yang memanfaatkan energi listrik [15].

### 2.2.3 Level Tegangan Pada Sistem Tenaga Listrik

Pada suatu sistem tenaga listrik tegangan yang digunakan pada masing-masing komponen dapat berbeda-beda sesuai dengan kepentingannya. Dengan kata lain, setiap komponen pada sistem tenaga listrik mempunyai level tegangan yang berbeda-beda.



Gambar 2.2 Level Tegangan Listrik [15]

Pada sistem pembangkit level tegangan disesuaikan dengan spesifikasi generator pembangkit yang digunakan, biasanya level tegangan berkisar antara 11- 24 kV. Untuk pembangkitan yang berkapasitas lebih besar biasanya menggunakan level tegangan yang lebih tinggi. Hal ini dilakukan agar arus yang mengalir tidak terlalu besar. Karena untuk kapasitas daya tertentu, besar arus yang mengalir berbanding terbalik dengan tegangannya. Level tegangan pada pembangkit biasanya tidak tinggi, karena semakin tinggi level tegangan generator, jumlah lilitan generator harus lebih banyak lagi. Dengan lilitan yang lebih besar banyak mengakibatkan generator menjadi lebih besar dan lebih berat sehingga dinilai tidak efisien.

Pada sistem saluran transmisi biasanya digunakan level tegangan yang lebih tinggi. Hal ini karena fungsi pokok dari saluran transmisi adalah menyalurkan daya, sehingga yang dipentingkan adalah sistem mampu menyalurkan daya dengan efisiensi yang tinggi. Upaya yang dilakukan adalah mempertinggi level tegangan agar arus yang mengalir pada jaringan transmisi lebih kecil. Level tegangan saluran transmisi dari tegangan yang dihasilkan generator pembangkit. Tegangan saluran transmisi umumnya berkisar antara 70 s/d 500 kV. Untuk menaikkan tegangan dari level pembangkit ke level tegangan saluran transmisi diperlukan transformator penaik tegangan [15].

Pada jaringan distribusi biasanya menggunakan tegangan yang lebih rendah dari tegangan saluran transmisi. Hal ini karena daya yang didistribusikan oleh masing-masing jaringan distribusi biasanya relatif kecil dibanding dengan daya yang disalurkan pada jaringan transmisi, dan juga menyesuaikan dengan tegangan pelanggan atau pengguna energi listrik. Level tegangan jaringan distribusi yang digunakan ada 2 macam yaitu 20 kV untuk jaringan tegangan menengah (JMT) dan 220 V untuk jaringan tegangan rendah (JTR). Dengan demikian diperlukan gardu induk (GI) yang berisi trafo stepdown atau penurun tegangan yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari saluran transmisi ke saluran distribusi 20 kV. Selain itu diperlukan juga trafo distribusi untuk menurunkan tegangan dari 20 kV ke 220 kV sesuai dengan tegangan pelanggan [15].

Level tegangan beban pelanggan menyesuaikan dengan jenis bebannya, misalnya beban industri yang biasanya memerlukan daya yang relatif besar biasanya menggunakan tegangan menengah 20 kV, sedangkan untuk beban rumah tangga biasanya menggunakan tegangan rendah 220 V [15].

## **2.2.4 Sistem Interkoneksi**

Sistem tenaga listrik yang diuraikan diatas adalah gambaran secara sederhana, yaitu satu sistem pembangkit yang melayani satu sistem beban. Sistem yang demikian disebut dengan sistem tunggal. Namun dalam prakteknya kadang suatu sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa pembangkit untuk melayani beberapa macam beban yang ada pada lokasi yang berlainan. Untuk memperoleh kualitas pelayan yang lebih baik, maka seluruh sistem haruslah saling interkoneksi sehingga dapat dikendalikan dari satu tempat. Demikian pula kebutuhan daya dapat dilayani dari pembangkit mana saja sekalipun lokasinya jauh dari pusat beban [15].

Untuk mendapatkan sistem demikian setiap pembangkit dan pusat beban harus saling terhubung atau saling terinterkoneksi. Dengan demikian sistem ini diharapkan kualitas pelayanan dapat menjadi lebih baik. Dengan sistem interkoneksi sistem tenaga listrik menjadi lebih kompleks. Sehingga biaya pembangunan dan operasionalnya menjadi lebih besar dan pengelolaannya menjadi lebih rumit. Dengan demikian sistem interkoneksi hanya digunakan pada sistem tenaga listrik dengan daya besar dan memerlukan standar kualitas pelayanan yang tinggi.

## **2.3 Pembangkit Tenaga Listrik**

### **2.3.1 Pengertian dan Jenis Pembangkit Tenaga Listrik**

Pembangkit tenaga listrik berfungsi untuk membangkitkan energi listrik dengan mengkonversikan energi lain menjadi energi listrik. Sumber energi tersebut dapat berupa air, bahan bakar minyak, batu bara, angin, surya, dan lain sebagainya. Pembangkit tenaga listrik biasanya digolongkan menurut prinsip kerja dan sumber energi yang digunakan [15].

#### **A. Pembangkit Non Termis**

1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)
2. Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB)
3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)
4. Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBG)

#### **B. Pembangkit Termis**

1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)
2. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)
3. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)
4. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)

## 5. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)

### 2.3.2 Macam-macam Pembangkit Tenaga Listrik

#### A. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Dalam PLTA, potensi tenaga air dikonversi menjadi tenaga listrik, biaya operasional PLTA paling rendah, tetapi pembangunannya paling mahal. Keuntungan teknik operasional PLTA adalah mudah di start dan distop, beban mudah diubah-ubah, angka gangguannya rendah, pemeliharannya mudah, dan umumnya dapat di start tanpa daya dari luar (*back start*). Efisiensi turbin bersama generator unit PLTA sekitar 95%. Dalam sebagian besar keadaan sumber energi air tidak ada nilainya. Biaya listrik tenaga air dari pembangkit tergantung pada biaya pembangunan dan pembiayaan proyek dan jumlah listrik yang dihasilkan ketika beroperasi ini lebih mudah daripada sumber listrik lainnya [15].

#### B. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Dalam PLTU, energi primer yang dikonversikan menjadi energi listrik adalah bahan bakar. Untuk menstart PLTU dibutuhkan waktu antara 6-8 jam. Efisiensi termis dari PLTU berkisar pada angka 35-38%. Biaya listrik tergantung pada biaya pembangunan pabrik dan menghasilkan biaya bahan bakar [15].

#### C. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

Ditinjau dari segi efisiensi pemakaian unit PLTG tergolong unit yang masa startnya pendek, yaitu antara 15-30 menit dan kebanyakan dapat distart tanpa pasokan daya dari luar (*back start*). Dari segi efisiensi pemakaian bahan bakar, unit PLTG tergolong unit yang efisiensinya paling rendah, yaitu berkisar antara 15-25% [15].

#### D. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)

PLTGU merupakan kombinasi PLTG dan PLTU. PLTGU tergolong sebagai unit yang paling efisien diantara unit-unit termal (bisa mencapai diatas 45%) [15].

#### E. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)

PLTP sesungguhnya adalah PLTU, hanya saja uap yang didapatkan dari perut bumi. Oleh karena itu, PLTP pada umumnya berlokasi di pergunungan dan di dekat gunung berapi. Biaya operasionalnya lebih kecil dibanding dengan biaya operasional PLTU. Hal ini disebabkan karena tidak adanya pembelian untuk bahan bakar. Tetapi untuk biaya investasi lebih tinggi karena penemuan kantong uap dalam perut bumi memerlukan biaya eksplorasi dan pengeboran tanah yang tidak kecil [15].

#### F. Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)

PLTBg adalah pembangkit listrik yang dihasilkan oleh energi yang berasal dari biogas yang dihasilkan dari aktivitas anaerobik atau proses fermentasi dari bahan-bahan organik cair. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan maupun untuk menghasilkan energi listrik. Listrik dari biogas ini dapat menaikkan rasio elektrifikasi sekaligus mengurangi subsidi energi fosil yang masih banyak digunakan di Indonesia. PLTBg memanfaatkan gas metan dari limbah kotoran hewandan sawit dengan biaya produksi listrik yang lebih murah ketimbang pembangkit listrik diesel PLN [15].

#### G. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan photovoltaik atau dengan cara pemusatan energi surya. Photovoltaik berfungsi untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik menggunakan efek *photoelectric*. Sedangkan pemusatan energi surya dengan menggunakan media lensa atau cermin yang dikombinasi dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor [15].

#### H. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)

PLTN mirip dengan PLTU hanya saja energi yang digunakan untuk memanaskan boiler menggunakan reaksi nuklir yang berupa hasil ledakan dari bahan baku reaktor nuklir, salah satunya yaitu unsur uranium. Pada PLTN diperlukan perlindungan yang sangat baik pada reaktor nuklirnya, karena hasil reaksi ini mengandung unsur radioaktif yang sangat membahayakan bagi manusia dan lingkungan.

### 2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Kebutuhan Energi Listrik

Menurut [16] penggunaan energi listrik diperkirakan akan selalu meningkat pada setiap tahunnya. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya kebutuhan masyarakat yang harus dipenuhi. Banyak faktor yang berpengaruh terhadap tingkat kebutuhan energi listrik, seperti faktor ekonomi, kependudukan, kewilayahan, dan lain sebagainya. Menurut tingkat kebutuhan energi listrik dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini :

#### 1. Faktor Ekonomi

Faktor ekonomi yang mempengaruhi tingkat kebutuhan tenaga listrik adalah pertumbuhan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto). Secara umum PDRB dapat dibagi



menjadi 3 sektor, yaitu sektor komersial (bisnis), sektor industri, dan sektor publik. Kegiatan ekonomi yang di kategorikan sebagai sektor komersial/bisnis adalah sektor listrik, gas dan air bersih [16].

## 2. Faktor pertumbuhan Penduduk

Faktor pertumbuhan penduduk merupakan salah satu faktor yang memiliki pengaruh besar terhadap kebutuhan tenaga listrik selain faktor ekonomi. Sesuai dengan prinsip demografi, pertumbuhan penduduk akan terus turun setiap tahunnya sampai pada suatu saat akan berada pada kondisi stabil [16].

## 3. Faktor Pembangunan Daerah

Berjalannya pembangunan daerah tentu akan dipengaruhi oleh tingkat perekonomian daerah itu sendiri. Dalam hal ini baik langsung maupun tidak langsung faktor ekonomi sangat berpengaruh terhadap kebutuhan energi listrik seiring dengan berjalannya pembangunan. Pemerintah daerah sebagai pelaksana pemerintahan ditingkat daerah memiliki peran yang sangat penting dalam perencanaan pembangunan wilayah. Hal itu berbebtuk kebijakan yang tertuang dalam peraturan daerah termasuk didalamnya adalah perencanaan tata guna lahan, pengembangan industri, kewilayahan, pemukiman, dan faktor geografis [16].

## 2.5 Sumber Energi

Menurut [17] sumber-sumber energi secara umum dapat digolongkan menjadi dua kelompok besar yaitu :

### 1. Energi Konvensional

Energi konvensional adalah energi yang diambil dari sumber yang hanya tersedia dalam jumlah terbatas di bumi dan tidak dapat diperbarui. Sumber-sumber energi ini akan habis dan juga berdampak buruk bagi lingkungan [17].

### 2. Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari,, angin, air dan sumber energi lain sebagainya. Sumber energi ini akan selalu tersedia dan tidak berdampak buruk maupun menghasilkan polusi bagi lingkungan [17].

Sumber-sumber energi konvensional dan terbarukan bias dikonversikan menjadi sumber-sumber energi sekunder, seperti energi listrik. Energi listrik berbeda dari sumber-sumber energi lainnya dan dinamakan sumber energi sekunder atau pembawa energi

karena dimanfaatkan untuk menyimpan, memindahkan atau mendistribusikan energi dengan nyaman. Untuk menghasilkan energi listrik maka dibutuhkan energi primer [17].

## **2.6 Energi Terbarukan**

Energi terbarukan adalah sumber-sumber energi yang tak bisa habis secara alamiah dan dapat diperbarui. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, misal : matahari, angin, sungai, tumbuhan [17]. Ada beberapa jenis energi terbarukan diantaranya :

### **A. Energi Solar**

Energi yang dipancarkan oleh matahari yang mencapai bumi setiap menit akan cukup untuk memenuhi kebutuhan energi seluruh penduduk manusia di planet ini selama satu tahun., jika bisa ditangkap dengan benar. Tenaga surya bisa dimanfaatkan dengan bantuan teknologi sel surya atau biasa disebut dengan sel Fotovoltaic yang berfungsi untuk mengkonversi cahaya matahari menjadi listrik secara langsung [17].

### **B. Tenaga Angin**

Pada saat angin bertiup, angin tersebut disertai dengan energi kinetik (gerakan) yang bisa melakukan suatu pekerjaan. Contoh, perahu layar dengan memanfaatkan tenaga angin agar dapat mendorongnya untuk bergerak di air. Tenaga angin juga bisa dimanfaatkan untuk menggerakkan baling yang dipasang dipuncak menara yang biasa disebut dengan turbin angin. Hasil dari perputaran turbin angin tersebut akan menghasilkan energi mekanik atau listrik [17].

### **C. Biomassa**

Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang telah digunakan manusia sejak dari zaman dahulu kala. Manusia telah membakar kayu untuk memasak makanan selama ribuan tahun. Biomassa adalah semua benda organik (misal : kayu, tanaman pangan, limbah hewan & manusia) dan bisa digunakan sebagai sumber energi untuk memasak, memanaskan dan pembangkit listrik. Sumber energi ini bersifat terbarukan karena pohon dan tanaman pangan akan selalu tumbuh dan limbah tanaman akan selalu tersedia [17].

Ada empat jenis biomassa [17]

1. Bahan bakar padat limbah organik
2. Bahan bakar padat limbah anorganik

3. Bahan bakar gas
4. Bahan bakar hayati

#### D. Tenaga Air

Tenaga air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir atau air terjun. Air yang mengalir ke puncak baling-baling atau baling-baling yang ditempatkan di sungai, akan menyebabkan baling-baling tersebut bergerak dan menghasilkan tenaga mekanis atau listrik [17]. Tenaga air sudah banyak dikembangkan dan ada banyak pembangkit listrik tenaga air (PLTA) di seluruh Indonesia.

#### E. Energi Panas Bumi

Energi panas bumi adalah energi yang berasal dari dalam perut bumi. Suhu didalam perut bumi  $\pm 3000$  meter dibawah permukaan bumi cukup panas untuk merebus air. Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) pada dasarnya prinsip kerja PLTP hampir sama seperti PLTU, perbedaannya PLTP hanya tidak memerlukan bahan bakar. Uap atau air panas langsung berasal dari bawah tanah sehingga menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator sehingga menghasilkan energi listrik [17].

#### F. Energi Pasang Surut

Energi air pasang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik seperti halnya listrik tenaga air tetapi dalam skala besar. Pada saat air pasang, air akan ditahan dibelakang bendungan dan ketika air surut maka akan tercipta perbedaan ketinggian antara air pasang yang ditahan dibendungan dan air laut yang berada dibelakang bendungan akan mengalir melalui turbin yang berputar sehingga menghasilkan energi listrik [17].

#### G. Tenaga Ombak

Ombak laut memiliki potensi menjadi sumber energi listrik jika bisa dimanfaatkan dengan benar. Ada beberapa metode untuk memanfaatkan energi ombak diantaranya adalah :

1. Ombak bisa ditangkap dan dinaikkan kebilik kemudian udara yang ditangkap didalam bilik tersebut akan dikeluarkan secara paksa. Udara yang bergerak akan menggerakkan turbin sehingga turbin akan menggerakkan generator sehingga menghasilkan energi listrik [17].
2. Sistem energi ombak yang lain adalah memanfaatkan gerakan naik turun ombak untuk menggerakkan piston yang dapat menggerakkan generator. Karena adanya

kendala dalam menghasilkan energi listrik dalam jumlah besar dan juga kesulitan dalam proses transmisi tenaga listrik ke permukaan pinggir pantai sehingga pembangkit listrik tenaga ombak belum lazim digunakan [17].

## **2.7 Prakiraan Energi**

Prakiraan energi merupakan kumpulan dari pengambilan keputusan yang dibuat untuk membantu memilih alternatif yang paling baik dan paling efisien [18]. Prakiraan pemenuhan kebutuhan tenaga listrik diawali dengan prakiraan kebutuhan (*demand*) atau ramalan beban tenaga listrik untuk 15 (lima belas) tahun kedepan disetiap sektor pemakaian tenaga listrik. Rencana pemenuhan permintaan tenaga listrik ini dipengaruhi oleh pertumbuhan ekonomi daerah setempat, program elektrifikasi dan mempertimbangkan kemungkinan pemanfaatan *captive power* ke dalam sistem secara keseluruhan atau dari kelebihan *supply* tenaga listrik yang tersedia. Ada beberapa model pendekatan untuk menyusun prakiraan permintaan tenaga listrik antara lain pendekatan ekonometrik, pendekatan time series, pendekatan end use, pendekatan trend maupun gabungan dari berbagai macam model pendekatan prakiraan [18].

## **2.8 Macam-macam Prakiraan Energi**

### **a. Prakiraan Jangka Panjang**

Prakiraan jangka panjang adalah untuk jangka waktu diatas satu tahun. Dalam prakiraan jangka panjang masalah-masalah makro ekonomi yang merupakan masalah eksternal perusahaan listrik merupakan faktor utama yang menentukan arah prakiraan kebutuhan energi listrik [18].

### **b. Prakiraan Jangka Menengah**

Prakiraan jangka menengah adalah untuk jangka waktu dari satu bulan sampai satu tahun. Poros untuk prakiraan jangka menengah adalah prakiraan jangka panjang [18].

### **c. Prakiraan Jangka Pendek**

Prakiraan jangka pendek adalah untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu. Dalam prakiraan jangka pendek batas atas untuk maksimum dan batas bawah untuk minimum ditentukan dalam prakiraan jangka menengah [18].

Dalam prakiraan energi listrik, khususnya prakiraan jangka panjang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, faktor ekonomi, jumlah pelanggan listrik masing-masing sektor dan tariff dasar listrik [18].

Berdasarkan dari jenis prakiraan yang akan dilakukan, maka prakiraan dapat dibedakan menjadi dua macam antara lain :

1. Prakiraan Kualitatif

Prakiraan kualitatif adalah prakiraan yang didasarkan atas data-data kualitatif yaitu berupa pemikiran yang bersifat institusi, pendapat dari berbagai pihak terkait dan pengetahuan serta pengalaman dari penyusun [18].

2. Prakiraan Kuantitatif

Prakiraan kuantitatif adalah prakiraan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu yang berupa data dalam bentuk nilai atau angka dan dibuat sangat tergantung dengan metode yang dipergunakan dalam prakiraan kebutuhan energi listrik [18].

## **2.9 Metode Skenario BAU (*Business as Usual*)**

Skenario dasar BAU adalah skenario prakiraan energi yang merupakan kelanjutan dari perkembangan historis atau tanpa ada intervensi kebijakan pemerintah yang dapat merubah perilaku historis. Selain asumsi-asumsi dasar yang telah disebut sebelumnya, prakiraan penyediaan energi nasional jangka panjang pada skenario BAU memerlukan beberapa asumsi lainnya.

## **2.10 Perangkat Lunak Perencanaan Energi**

Berikut adalah beberapa perangkat lunak yang biasa digunakan untuk melakukan prakiraan kebutuhan energi listrik, antara lain :

- a. ENPEP (*The Energy and Power Evaluation Program*)

ENPEP adalah suatu alat analisis energi, lingkungan, dan ekonomi yang memiliki 10 set modul. ENPEP dikembangkan oleh *Argonne National Laboratory* Amerika Serikat dengan dukungan dari *US Department of Energy*. Beberapa modul ENPEP dikembangkan oleh Badan Energi Atom Internasional (IAEA). ENPEP dapat digunakan untuk mengevaluasi seluruh sistem energi (penawaran dan sisi permintaan), melakukan analisis rinci dari sistem tenaga listrik, dan mengevaluasi dampak lingkungan dari strategi energi yang berbeda. Setiap modul memiliki keterkaitan otomatis dengan modul ENPEP lain serta kemampuan berdiri sendiri.

b. LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning System*)

LEAP adalah perangkat yang sangat komprehensif dalam merencanakan energi. Banyak variabel yang biasa menjadi input variabel seperti pendapatan (PDRB), populasi, teknologi, hingga proyeksi permintaan. Untuk selengkapnya tentang LEAP akan dibahas dibagian lain dalam bab ini.

c. SUPER

SUPER adalah model yang berguna untuk studi perencanaan koneksi energi dalam kurun waktu beberapa tahun. Parameter yang menggunakan seperti *hydro-risk fitur reservoir*, pertumbuhan permintaan, karakteristik parameter perjam, konservasi energi dan program pengelolaan beban, biaya bahan bakar, periode pelaksanaan proyek, interkoneksi, dll.

## 2.11 Perangkat Lunak LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning System*)

LEAP adalah perangkat lunak atau software yang dapat digunakan untuk melakukan analisa dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi. Perangkat lunak LEAP pertama kali dikembangkan oleh *Stockholm Environment Institute* yang berkantor di pusat Boston, Amerika Serikat. Versi pertama LEAP diluncurkan pada tahun 1981. Versi LEAP tahun 2000 merupakan LEAP yang telah berbasis windows [19].



Gambar 2.3 Tampilan Awal Software LEAP

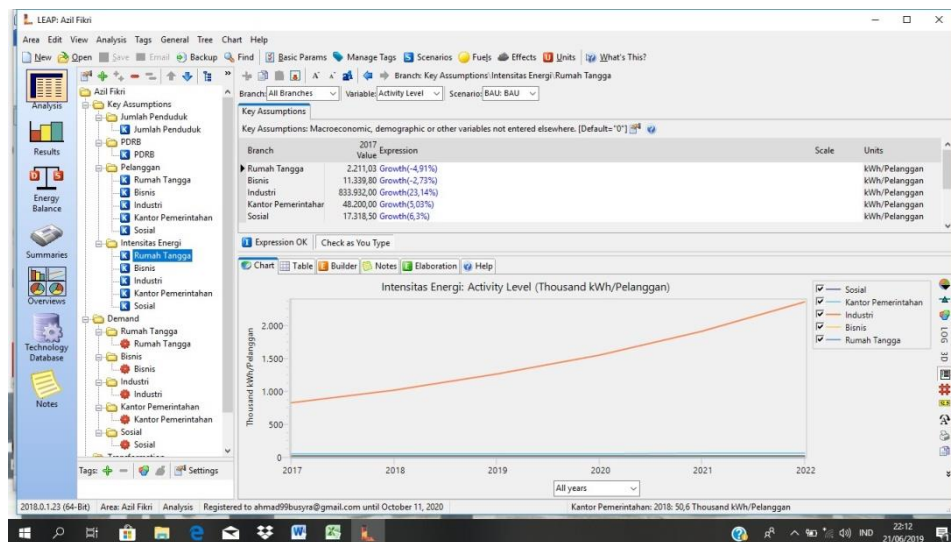
Perangkat lunak LEAP merupakan salah satu perangkat lunak yang sangat komprehensif dalam melakukan perencanaan energi LEAP dirancang untuk bekerja sama dengan produk Microsoft Office (Word, Excel, Power Point) sehingga mudah untuk impor, ekspor dan menghubungkan ke data serta model yang dibuat ditempat lain [19].

Keunggulan dari LEAP adalah tersedianya sistem antarmuka (*interface*) yang menarik dan memberikan kemudahan dalam penggunaannya serta tersedia secara gratis (*freeware*). LEAP mendukung untuk proyeksi permintaan energi akhir maupun permintaan

pada energi yang sedang digunakan secara detail termasuk cadangan energi, transformasi, dan lain sebagainya [19].

Dengan menggunakan LEAP, pengguna dapat melakukan analisa secara cepat dari sebuah ide kebijakan energi ke sebuah analisa hasil dari kebijakan tersebut. Hal ini dikarenakan LEAP mampu berfungsi sebagai database sebagai sebuah alat peramal (*forecasting tool*) dan sebagai alat analisa terhadap kebijakan energi. Berfungsi sebagai database, LEAP menyediakan informasi energi lengkap. Sebagai sebuah alat peramal, LEAP mampu memprakirakan permintaan dan penyediaan energi dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan keinginan pengguna kebijakan energi yang akan diterapkan dari sudut pandang penyediaan dan permintaan energi, ekonomi dan lingkungan [19].

## 2.12 Komponen Perangkat Lunak LEAP



Gambar 2.4 Tampilan Aplikasi Perangkat Lunak LEAP

LEAP memiliki beberapa terminologi umum, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. *Area* merupakan sistem yang sedang dikaji (contoh : Negara atau wilayah) [19].
2. *Current Accounts* merupakan data yang menggambarkan tahun dasar (tahun awal) [17].
3. *Scenario* merupakan sekumpulan asumsi mengenai kondisi masa depan [19].
4. *Tree* merupakan diagram yang mempresentasikan struktur model yang disusun seperti tampilan dalam windows explorer. Tree terdiri atas beberapa branch. Terdapat empat branch utama, yaitu *driver variable*, *demand*, *transformation*, dan *resources*. Masing-masing branch utama dapat dibagi lagi menjadi beberapa branch tambahan (anak cabang) [19].

5. *Branch* merupakan cabang atau bagian dari tree. *Branch* utama ada empat, yaitu modul variabel penggerak (*driver variable*), modul permintaan (*demand*), modul transformasi (*transformation*) dan modul permintaan (*resources*) [19].
6. *Expression* merupakan formula matematis iuntuk menghitung perubahan nilai suatu variabel [19].
7. *Saturation* adalah prilaku variabel yang digambarkan mencapai suatu kejenuhan tertentu. Presentase kejenuhan adalah  $0\% \leq X \leq 100\%$ . Nilai dari total persen dalam suatu branch dengan saturasi tidak perlu berjumlah 100% [19].
8. *Share* adalah prilaku suatu variabel yang menggambarkan suatu kejenuhan mecapai 100%. Nilai dari total persen dalam suatu branch dengan share harus berjumlah 100% [17].

Dalam perangkat lunak LEAP disediakan 4 9empat) modul utama, yaitu :

- A. Modul Driver Variabel (*key assumptions*) adalah untuk menampung parameter-parameter umum yang dapat digunakan pada modul demand maupun modul transformation. Parameter umum ini misalnya adalah jumlah penduduk, PDRB (produk domestik regional bruto) dan sebagainya. Modul drivel variabel ini sifatnya komplemen terhadap modul lainnya. Pada modul yang sederhana dapat saja modul ini tidak di fungsikan [19].
- B. Modul Permintaan (*demand*) adalah untuk menghitung kebutuhan energi pembagian sektor pemakaian energi sepenuhnya dapat dilakukan sesuai kebutuhan pemodel. Kebutuhan energi didefinisikan sebagai perkalian antara aktifitas pemakai energi (misalnya jumlah penduduk, jumlah kendaraan, volume nilai tambah, dan sebagainya) dan intensitas pemakaian energi kegiatan yang bersangkutan. Metode ini terdiri dari dua model analisis yaitu analisis permintaan energi final (*final demand energy analysis*) dan analisa permintaan energi terpakai (*usefull demand energy analysis*) [19].
- C. Skenario (*scenario*) adalah satu set asumsi (variabel-variabel kunci) tentang masa depan. Melalui simulasi model, suatu skenario dapat diperkirakan hasilnya atau akibatnya. Skenario yang akan di ujikan pada dasarnya adalah untuk menjawab permasalahan yang dirumuskan pada tahap awal pemodelan atau dengan kata lain, skenario sangat ditentukan oleh tujuan pembuatan model [19]. Untuk melakukan suatu kajian peneliti akan menggunakan metode *Business as Usual* (BAU) biasanya menggambarkan kondisi apabila :



1. Mengikuti kecenderungan masa lampainya (*historical trend*) [19]
  2. Mengikuti target-target tertentu tentang kondisi masa depan yang tercantum dalam dokumen resmi/ dokumen yang dikenal luas [19].
- D. Modul *Transformation* adaah untuk menghitung pemasokan energi. Pasokan energi dapat terdiri atas produksi energi primer (gas, minyak bumi, batu bara, dan sebagainya) dan energi sekunder (listrik, bahan bakar minyak, lpg, briket, batu bara, arang dan sebagainya). Susunan cabang dalam modul transformasi energi terdiri dari proses dan output [19].
- E. Modul *Resources* terdiri atas *primary and secondary*. Kedua cabang ini sudah *default*. Cabang-cabang dalam modul *resources* akan muncul dengan sendirinya sesuai dengan jenis energi yang dimodelkan dalam modul transformasi. Beberapa parameter perlu diisikan, seperti jumlah cadangan (minyak bumi, gas bumi, batu bara, dan sebagainya) dan potensi energi (tenaga air, biomassa, dan sebagainya) [19].

### **2.13 Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL)**

RUPTL PLN merupakan dokumen kelistrikan yang menyangkut kegiatan PLN dalam bidang penyediaan listrik, transmisi, dan pembangunan pembangkit listrik baru di suatu Provinsi. Penelitian ini menggunakan dokumen RUPTL PLN tahun 2015-2024 .

Sistem kelistrikan Provinsi Riau saat ini memiliki 9 Gardu Induk (GI) 150 kV; yaitu Koto Panjang, Bangkinang, Garuda Sakti, Teluk Lembu, Duri, Dumai, Bagan Batu, Teluk Kuantan, dan Balai Pungut. Sedangkan daerah-daerah lain di provinsi Riau masih disuplai melalui sistem Isolated. Untuk Kota Pekanbaru mendapatkan persediaan energi listrik dari P3B Sumatera melalui jaringan transmisi 150 kV dalam Sistem Interkoneksi Sumatera Bagian Selatan (Sumbagsel) dan sisanya dipasok pembangkit pembangkit dalam sistem-sistem terisolasi [4].

### **2.14 Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)**

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) merupakan salah satu faktor indikator yang penting untuk mengetahui kondisi ekonomi disuatu daerah dalam satu periode tertentu, baik atas dasar harga berlaku maupun atas dasar harga konstan. PDRB pada dasarnya merupakan jumlah nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit usaha dalam suatu daerah tertentu, atau merupakan jumlah nilai barang dan jasa akhir yang dihasilkan oleh seluruh unit ekonomi pada suatu daerah tertentu. PDRB atas dasar harga berlaku

menggambarkan nilai tambah barang dan jasa yang dihitung menggunakan harga pada tahun berjalan, sedang PDRB atas dasar harga konstan menunjukkan nilai tambah barang dan jasa tersebut dihitung menggunakan harga yang berlaku pada satu tahun tertentu sebagai tahun dasar.

PDRB menurut harga berlaku digunakan untuk mengetahui kemampuan sumber daya ekonomi, pergeseran, dan struktur ekonomi disuatu daerah. Sementara itu, PDRB konstan digunakan untuk mengetahui pertumbuhan secara riil dari tahun ke tahun atau pertumbuhan ekonomi yang tidak terpengaruh oleh faktor harga. PDRB juga digunakan untuk mengetahui perubahan harga dengan menghitung deflator PDRB (perubahan indeks implisit). Indeks harga implisit merupakan rasio antara PDRB menurut harga berlaku dan PDRB menurut harga konstan [6].

Pertumbuhan ekonomi dapat ditentukan oleh PDRB dengan persamaan berikut :

$$G_t = \frac{PDRB_t - PDRB_{t-1}}{PDRB_{t-1}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

**2.15 Perhitungan Intensitas Energi**

Intensitas energi adalah yang dibutuhkan untuk meningkatkan *gross domestic product* (GDP) atau produk domestik bruto. Semakin efisien austu pemakaian energi maka intensitasnya semakin kecil [20].

Untuk menghitung intensitas energi dapat menggunakan persamaan (2.2)

$$\text{Intensitas Energi} = \frac{\text{Konsumsi Energi (kWh)}}{\text{Pengguna Energi (Pelanggan)}} \dots\dots\dots (2.2)$$

**2.16 Menghitung pertumbuhan**

Pengolahan data untuk masukan simulasi menggunakan LEAP adalah menghitung intensitas energi dan pertumbuhannya, pertumbuhan penduduk serta pertumbuhan PDRB. Perhitungan intensitas energi menggunakan persamaan (2.2) dan pertumbuhannya menggunakan persamaan (2.3) [18].

$$\text{Pertumbuhan tahun ke N} = \frac{\text{Tahun berlaku} - \text{Tahun sebelumnya}}{\text{Tahun sebelumnya}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Setelah diperoleh pertumbuhan dari jumlah penduduk, PDRB, jumlah pelanggan, serta intensitas energi masing-masing tahun, kemudian hitung rata-rata pertumbuhannya. Rata-

rata pertumbuhan (*Growthrate*) inilah yang akan digunakan dalam simulasi. Rata-rata pertumbuhan dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) [20].

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Jumlah data pertumbuhan}}{\text{Banyaknya data}} \dots\dots\dots (2.4)$$

**2.17 Validasi Perhitungan Manual**

Validasi adalah suatu pembuktian, menurut kamus besar bahasa Indonesia validasi merupakan cara untuk mengetahui sejauh mana data penelitian mencerminkan data yang tepat dan akurat [18]. Untuk validasi prakiraan permintaan energi menggunakan perangkat lunak LEAP menggunakan perhitungan manual. Langkah pertama dalam perhitungan manual yaitu menghitung pertumbuhan jumlah pelanggan tiap-tiap sektor dengan menggunakan persamaan (2.3). Setelah itu, langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata pertumbuhan jumlah pelanggan tiap sektornya dengan menggunakan persamaan (2.4). selanjutnya melakukan perhitungan jumlah pelanggan pada tahun yang akan datang dengan menggunakan persamaan (2.5).

Setelah perhitungan jumlah pelanggan didapatkan maka langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan untuk intensitas energi tiap-tiap sektor dengan menggunakan persamaan (2.2), setelah intensitas tiap sektor didapatkan maka langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan pertumbuhan intensitas tiap-tiap sektor menggunakan persamaan (2.3). Selanjutnya yaitu mencari nilai rata-rata dari pertumbuhan intensitas energi menggunakan persamaan (2.4). setelah semua perhitungan didapatkan maka selanjutnya adalah melakukan perhitungan prakiraan pertumbuhan beban energi listrik tiap-tiap sektor dengan menggunakan persamaan (2.5) [11].

$$\text{Tahun Ke N} = \text{Tahun Sebelumnya} + (\text{Tahun Sebelumnya} \times \text{Pertumbuhan}) \dots\dots\dots (2.5)$$

**2.18 Elastisitas Energi**

Elastisitas energi adalah pertumbuhan kebutuhan energi yang diperlukan untuk mencapai tingkat kebutuhan ekonomi tertentu. Apabila angka elastisitas energi dibawah 1,0 dicapai ini menunjukkan bahwa energi yang tersedia telah dimanfaatkan secara produktif, dimana kenaikan perekonomian justru menurunkan kebutuhan akan energi. Semakin rendah angka elastisitas maka semakin efisien pemanfaatan eneginya [20].

Secara matematis dapat ditulis dengan persamaan :

$$\text{Pertumbuhan Konsumsi Energi} = \frac{\text{Pertumbuhan Konsumsi Energi (\%)}}{\text{Pertumbuhan PDRB (\%)}} \dots\dots\dots (2.6)$$